

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001年4月19日 (19.04.2001)

PCT

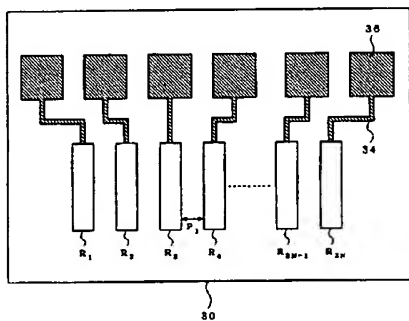
(10) 国際公開番号  
WO 01/27573 A1

- (51) 国際特許分類: G01J 3/36 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/06938 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田上高志 (TAGAMI, Takashi) [JP/JP]. 仲間健一 (NAKAMA, Kennichi) [JP/JP]. 駒場信幸 (KOMABA, Nobuyuki) [JP/JP]. 有馬靖智 (ARIMA, Yasutomo) [JP/JP]. 楠田幸久 (KUSUDA, Yukihisa) [JP/JP]; 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号 日本板硝子株式会社内 Osaka (JP).  
(22) 国際出願日: 2000年10月5日 (05.10.2000)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 08 June 01/2001  
特願平11/287764 1999年10月8日 (08.10.1999) JP  
特願平11/322004 1999年11月12日 (12.11.1999) JP  
特願2000/1928 2000年1月7日 (07.01.2000) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本板硝子株式会社 (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号 Osaka (JP). (74) 代理人: 弁理士 岩佐義幸 (IWASA, Yoshiyuki); 〒101-0031 東京都千代田区東神田2丁目10番17号 INビル Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CA, CN, US.  
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  
添付公開書類:  
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: PHOTODETECTOR ARRAY AND OPTICAL BRANCHING FILTER USING THE ARRAY

(54) 発明の名称: 受光素子アレイおよびそれを用いた光分波器



(57) Abstract: An optical branching filter by which signals and noises of respective channels of wavelength-multiplexed lights are clearly separated from each other. The optical branching filter has a photodetector array comprising photodetectors receiving branched lights which are separated from a wavelength-multiplexed light in accordance with respective wavelengths and arranged linearly. The photodetector array has a plurality of photodetectors for signal monitoring and a plurality of photodetectors for noise monitoring. The signal monitoring photodetectors and the noise monitoring photodetectors are alternately arranged linearly in the direction of the arrangement of the branched lights.

(57) 要約:

波長多重化された光の各チャンネルの信号とノイズとを明確に分離できる光分波器を提供する。この光分波器は、波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する受光素子アレイを備える。受光素子アレイは、複数個の信号モニタ用の受光素子と、複数個のノイズモニタ用の受光素子とを有し、信号モニタ用の受光素子と、ノイズモニタ用の受光素子とが、分波光の並ぶ方向と同一方向に、交互に直線状に配列されている。

WO 01/27573 A1

WO 01/27573 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 受光素子アレイおよびそれを用いた光分波器

## 技 術 分 野

本発明は、波長多重された光のスペクトルをモニタする光分波器、および光分波器の光検出器に用いられる受光素子アレイに関する。

## 背 景 技 術

光分波器は、例えば波長多重伝送方式の光通信システムにおいて、多重伝送されてきた光を受信側で各波長毎に分離しスペクトルをモニタするデバイスとして用いられる。この波長毎の集光点と受光素子アレイの各受光素子とがそれぞれ対応するように配置されると、各波長毎の検出が行える。

このような光分波器の一例を、図1により説明する。この光分波器は、入力ファイバ2、コリメータレンズ4、回折格子6、および光検出器である受光素子アレイ・デバイス8を構成要素とし、互いに嵌合する3個のチューブ状部材を用いて組み立てられている。単芯の入力ファイバ2は、透明のファイバ実装用チューブ10の端面のファイバ固定用ウィンドウ12にファイバ連結部14によって固定されている。コリメータレンズ4は、中間チューブ16の端部に固定されている。更に回折格子6は、回折格子実装用チューブ18の端面の回折格子固定用ウィンドウ20に固定されている。この例では、中間チューブ16の両端部に、ファイバ実装用チューブ10と回折格子実装用チューブ18とが外装されており、光軸方向に移動可能で且つ光軸周りに回転可能としてアクティブアライメントできるようにになっている。

入力ファイバ2からチューブ内部に導入されて、入力ファイバ2の開口数に応じて拡がった発散光束は、コリメータレンズ4に到達し、平行光束に変換されてから回折格子6に到達する。回折格子6

の波長分散特性に応じて波長毎に分離された光束は、コリメータレンズ4によって分離波長毎に収束光束に変換され、コリメータレンズの焦点に一致するウィンドウ12上で波長毎に集光して一列に並ぶ。この波長毎の集光点と受光素子アレイ・デバイス8の各受光素子とが、それぞれ対応するように受光素子アレイ・デバイス8がウィンドウ20に固定されることで、各波長毎の光検出が行われる。

受光素子アレイ・デバイスを構成する受光素子アレイには、拡散型、メサ型の2種類がある。拡散型受光素子アレイの構造を図2に示す。n型InP基板22上に、n型InP層24、i型InGaAs層（光吸収層）26、n型InP層（窓層）28を積層し、n型InP層28内にZnを拡散し、p型領域30を形成し、pinフォトダイオードを形成している。pinフォトダイオードが、受光素子を構成する。

この場合、拡散は等方的であり横方向にもZn拡散が進む。拡散長は、InPの拡散係数がInGaAsの拡散係数よりも大きいいため、Zn拡散は、縦方向の拡散より横方向の方が延びることとなる。したがってこのような拡散型受光素子アレイでは、素子間隔を小さくすることには制限があり、50 $\mu$ m間隔程度が限界となっている。

メサ型受光素子アレイの構造を図3に示す。n型InP基板22上に、n型InP層24、i型InGaAs層26、p型InP層27を積層し、InGaAs層26とInP層27とをエッチングして素子間を分離して、pinフォトダイオードを形成している。pinフォトダイオードが、受光素子を構成する。メサ型受光素子アレイは、拡散型受光素子アレイのように、素子間隔に制限がなく、受光素子間のピッチをさらに小さくできる。

波長多重伝送方式の光通信システムにおいては、主として光通信システムのファイバ増幅器で、各チャンネルのスペクトル幅の広がりや波長ずれなどが発生することがある（以下、ノイズという）。

このようなノイズが発生した場合には、図4に示すように、人為

的に間隔をあけた狭いスペクトル幅の光  $L_1$  ,  $L_2$  ,  $L_3$  , ... が多重化された  $N$  チャンネルの光をモニタする場合、図 5 に示すように単に信号モニタ用の受光素子  $R_1$  ,  $R_2$  ,  $R_3$  , ... ,  $R_N$  を配列したのでは各チャンネルの信号とノイズとを明確に分離できない。

ノイズの発生がない場合に、 $N$  チャンネルの光をモニタするには、図 5 に示したように、信号モニタ用の受光素子  $R_1$  ,  $R_2$  ,  $R_3$  , ... が 1 列に配列された受光素子アレイを用いるが、分波光  $L_1$  ,  $L_2$  ,  $L_3$  , ... と受光素子アレイ  $R_1$  ,  $R_2$  ,  $R_3$  , ... との位置合わせが困難である。

また、光検出器に拡散型受光素子アレイを用いる場合、光吸収により発生したキャリアは横方向に拡散し、隣の受光素子へ移動が可能である。このため、光が入射していない受光素子に電流が流れ、いわゆるクロストーク（漏話）を発生し、受光素子アレイの特性が劣化する。メサ型受光素子アレイの場合、拡散型のようなキャリアの拡散によるクロストークはないが、受光素子の配列間隔が小さくなると、隣の受光素子へ入射する光の一部が受光素子の側面等に入射することによるクロストークが発生し易い。

### 発 明 の 開 示

本発明の第 1 の態様は、波長多重化された光の各チャンネルの信号とノイズとを明確に分離できる光分波器、およびこのような光分波器の光検出器に用いられる受光素子アレイを提供する。

各チャンネルの信号とノイズとを明確に分離するためには、各波長の信号強度を各波長に対応する 1 個の信号モニタ用受光素子でモニタすると同時に、光通信システムのファイバ増幅器で発生したノイズも、この信号モニタ用受光素子に隣接するノイズモニタ用受光素子で検出する。このようにすると、 $N$  チャンネルの信号強度とノイズとが、直線状に配列された約  $2N$  個の受光素子で測定できる。

このように、信号モニタ用の受光素子とノイズモニタ用の受光素

子とを交互に配列し、隣接する受光素子で各波長の信号とノイズを検出することにより、分波光のモニタを行う。これによれば、信号モニタ用の受光素子からの出力が低下し、ノイズモニタ用の受光素子からの出力が増えれば、分波光のスペクトルに何らかの異常が発生したことが分かる。この異常として、ピーク位置が低波長側あるいは高波長側へシフトしたこと、スペクトルのピークが緩やかになりスペクトル自体が幅広になったことなどが推定できる。また、信号モニタ用の受光素子からの出力が変化せず、ノイズモニタ用の受光素子からの出力が増えれば、対応するチャンネルのノイズが増加したことがモニタできる。このように、信号モニタ用とノイズモニタ用の受光素子を交互に配置することにより、ピーク位置のシフトやノイズの変化が容易にモニタできる。

また、本発明の第2の態様は、分波光と受光素子との位置合わせを高精度で行え、かつ、光分波器の分解能を向上できる光分波器、およびそのような光分波器の検出器に用いられる受光素子アレイを提供する。さらに、受光素子アレイと分波光との位置合わせの方法を提供する。

本発明によれば、1つの分波光を1つの受光素子で受光するのではなく、複数個の受光素子で受光し、各受光素子の出力信号を比較することにより、これら複数の受光素子に対して分波光の位置を合わせることができる。

このためには、分波光の並ぶ方向と同一方向に配列された複数の第1の受光素子と、前記所定のピッチと同じピッチで、分波光の並ぶ方向と同一方向に配列された複数の第2の受光素子とを、配列方向に半ピッチずらして、互いに接して2列に配置する。そして、第1および第2の受光素子の配列方向とは垂直な方向に互いに隣接する3個の受光素子の出力信号を用いて、3個の受光素子の接点に分波光の中心を位置合わせする。

以上のような本発明によれば、分波光と受光素子との位置合わせ

を高精度で行うことができる。また、受光素子アレイの配置により、光分波器の分解能を2倍に向上できる。

さらに、本発明の第3の態様は、隣接受光素子間のクロストークを低減した光分波器、およびこのような光分波器の光検出器に用いられる受光素子アレイを提供する。

本発明によれば、波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する受光素子アレイにおいて、複数の信号モニタ用の受光素子と、複数の電極間短絡受光素子とを備え、信号モニタ用の受光素子と、電極間短絡受光素子とが、分波光の並ぶ方向と同一方向に、交互に直線状に配列されている。これにより受光素子間のクロストークを低減することができる。

このような構成を受光素子アレイ内で実現するためには、受光素子のn型電極は共通接続し、受光素子のp型電極を1個おきに共通接続し、共通n型電極と短絡すればよい。また、電極間短絡受光素子の受光面に遮光膜を設けると、よりクロストーク低減に効果がある。さらに、電極間短絡受光素子の素子面積を隣接の信号モニタ用受光素子の素子面積より小さくすることにより、クロストーク低減のために受光素子アレイが大型化するのを抑えることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、光分波器の構成を示す図である。

図2は、拡散型受光素子アレイの断面図である。

図3は、メサ型受光素子アレイの断面図である。

図4は、Nチャンネルの光が多重化された信号光を示す図である。

図5は、Nチャンネルの分波光をモニタする受光素子アレイを示す図である。

図6は、第1の実施例の受光素子アレイの平面図である。

図7は、拡散型受光素子アレイ・チップの平面図である。

図8は、メサ型受光素子アレイ・チップの平面図である。

図 9 は、N チャンネルの信号とノイズを分離して検出する回路を示す図である。

図 10 は、全ての分波光が、スペクトル幅の広がりや波長ずれを起こすことなく信号モニタ用の受光素子に入射している状態を示す図である。

図 11 は、分波光  $L_1$  のピーク波長が正常値からシフトしたことを示す図である。

図 12 は、第 2 の実施例の受光素子アレイを示す図である。

図 13 は、受光素子アレイと分波光との位置合わせを説明するための図である。

図 14 は、受光素子アレイの分解能向上を説明するための図である。

図 15 は、受光素子アレイの分解能向上を説明するための図である。

図 16 は、第 3 の実施例の受光素子アレイ・チップの平面図である。

図 17 は、電極を設けたメサ型受光素子アレイを示す図である。

図 18 は、第 3 の実施例の他の受光素子アレイ・チップの平面図である。

図 19 は、第 3 の実施例の他の受光素子アレイ・チップの平面図である。

図 20 は、第 3 の実施例の他の受光素子アレイ・チップの平面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

#### 第 1 の実施例

本実施例は、波長多重化された光の各チャンネルの信号とノイズとを明確に分離できる光分波器、およびこの光分波器の光検出器に用いられる受光素子アレイに関する。



本実施例の光分波器の構成は、図 1 に示したものに同じであり、光検出器のみ異なる。光検出器 8 には、本実施例の受光素子アレイが用いられている。受光素子アレイの一例を、図 6 に示す。N チャンネル（N は、2 以上の整数）の分波光をモニタするため、奇数番目の信号モニタ用受光素子  $R_1, R_3, \dots, R_{2N-1}$  と、偶数番目のノイズモニタ用受光素子  $R_2, R_4, \dots, R_{2N}$  とを交互に配列しており、分波光の数の 2 倍（ $2N$  個）の受光素子を有している。この受光素子アレイでは、信号モニタ用の受光素子で信号強度のモニタを用い、ノイズモニタ用の受光素子でノイズ強度のモニタを行う。

1 チャンネル目の分波光は、受光素子  $R_1$  で信号が、受光素子  $R_2$  でノイズがモニタされる。2 チャンネル目の分波光は、受光素子  $R_3$  で信号を、受光素子  $R_2, R_4$  でノイズをモニタされる。最後の N チャンネル目の分波光は、受光素子  $R_{2N-1}$  で信号を、受光素子  $R_{2N-2}, R_{2N}$  でノイズをモニタされる。

このような受光素子アレイには、一例として、図 2 で説明した拡散型受光素子を用いることができる。拡散型受光素子は、前述したように、横方向にも  $2n$  拡散が進むため、素子間隔を一定以上に狭くすることができず、素子間隔に制限があり、 $50 \mu\text{m}$  以上のピッチに対して使用される。

図 7 は、拡散型受光素子により形成された受光素子アレイ・チップ 30 の平面図である。各信号モニタ用受光素子  $R_1, R_3, \dots, R_{2N-1}$ 、およびノイズモニタ用受光素子  $R_2, R_4, \dots, R_{2N}$  は、配線 34 により、対応するボンディングパッド 36 に接続されている。前述したように、受光素子の間隔  $p_1$  は、 $50 \mu\text{m}$  以上必要となる。

また、受光素子アレイには、図 3 で説明したメサ型受光素子を用いてもよい。メサ型受光素子は、前述したように、拡散型受光素子の構造で問題となる、横方向への拡散による受光素子間隔の制限を回避でき、高精細の受光素子アレイ、例えば、 $25 \mu\text{m}$  間隔、

10  $\mu\text{m}$  間隔の受光素子アレイを実現できる。

図8は、メサ型構造の受光素子アレイ・チップ32の平面図である。前述したように受光素子の間隔 $p_2$ を、10  $\mu\text{m}$  というように小さくすることができる。

図9は、Nチャンネルの信号とノイズを分離して検出する回路を示す。この検出回路は、各信号モニタ用受光素子 $R_1, R_3, \dots, R_{2N-1}$ に一方の入力端子が接続された信号モニタ用差動増幅器 $D_1, D_3, \dots, D_{2N-1}$ と、各ノイズモニタ用受光素子 $R_2, R_4, R_{2N}$ に一方の入力端子が接続されたノイズモニタ用差動増幅器 $D_2, D_4, \dots, D_{2N}$ と、これら差動増幅器の出力が入力される信号・ノイズモニタ出力部40とから構成されている。なお、信号モニタ用差動増幅器 $D_1, D_3, \dots, D_{2N-1}$ の他方の入力端子には、基準レベル $I_{ref}$ が、ノイズモニタ用差動増幅器 $D_2, D_4, \dots, D_{2N}$ の他方の入力端子には、基準レベル $N_{ref}$ が入力される。これら基準レベルを基に、信号およびノイズのモニタを行う。

次に、図1を参照して、本発明に係る光分波器の動作を説明する。入力ファイバ2からの波長多重信号光は、コリメータレンズにより平行光束に変換されて、回折格子6に到達する。回折格子6の波長分散特性に応じて波長毎に分離された光束は、コリメータレンズ4によって分波波長毎に収束光束に変換され、コリメータレンズ4の焦点に一致する検出器16上に収束させる。図10は、全ての分波光が、スペクトル幅の広がりや波長ずれを起こすことなく信号モニタ用の受光素子 $R_1, R_3, \dots, R_{2N-1}$ に入射している状態を示している。この場合、図9の検出回路の各差動増幅器からは信号が出力されず、信号・ノイズモニタ出力部40では、スペクトル幅の広がりや信号ずれを検出しない。

これに対し、図11は、分波光 $L_1$ のピーク波長が正常値からシフトしたことを示している。これによりピーク位置がシフトすると、図示の分波光 $L_1$ のシフト状態から分かるように、信号モニタ用の

受光素子  $R_1$  の検出出力が減少し、ノイズモニタ用の受光素子  $R_2$  の検出出力が増加する。

差動増幅器  $D_1$  は、受光素子  $R_1$  の信号出力から基準レベル  $I_{ref}$  を減算し、その値を信号として出力する。また、差動増幅器  $D_2$  は、受光素子  $R_2$  のノイズ出力から基準レベル  $N_{ref}$  を減算し、その値をノイズとして出力する。信号・ノイズモニタ出力部 40 では、差動増幅器  $D_1$ 、 $D_2$  の出力から、分波光  $L_1$  のピーク位置がシフトしている、すなわち信号ずれを検出する。

以上の実施例で説明した図 6 の受光素子アレイでは、奇数番目の受光素子を信号モニタ用、偶数番目の受光素子をノイズモニタ用としたが、逆にしてもよい。

また、図 6 では、簡単のために、 $2N$  個の受光素子で説明したが、 $2N$  個以上を有する受光素子アレイを用いて、この中の  $2N$  個を用いてもよい。

また、 $(2N+1)$  個の受光素子を用いて、受光素子アレイの両端に必ずノイズモニタ用の受光素子が入るよう配列すれば、1 チャンネル目と最終チャンネル目のノイズモニタを更に良好に行える。図 6 で説明すると、1 番目の信号モニタ用受光素子  $R_1$  の左側にもノイズモニタ用受光素子を設け、このノイズモニタ用受光素子と 2 番目のノイズモニタ用受光素子  $R_2$  で 1 チャンネル目の分波光  $L_1$  のノイズモニタを行ってもよい。

また、各チャンネル間のノイズを主にモニタしたい場合は、 $N$  個の信号モニタ用の受光素子で信号をモニタし、 $(N-1)$  個のノイズモニタ用の受光素子でチャンネル間のノイズをモニタできるので、 $2N-1$  個の受光素子を用いればよい。

## 第 2 の実施例

本実施例は、分波光と受光素子との位置合わせを高精度で行え、かつ、光分波器の分解能を向上できる光分波器、およびこの光分波

器の光検出器に用いられる受光素子アレイに関する。

本実施例の光分波器の構成は、図 1 に示したものに同じであり、光検出器のみ異なる。光検出器 8 には、本実施例の受光素子アレイが用いられている。本実施例の受光素子アレイを、図 1 2 を参照して説明する。なお、図 1 2 は、受光素子アレイ・チップ 4 8 が示されている。受光素子アレイは、2 列の受光素子列で構成される。一方の受光素子列を、奇数番目の受光素子  $R_1$  ,  $R_3$  ,  $R_5$  ,  $R_7$  ,  $R_9$  , ... で示し、他方の受光素子列を、偶数番目の受光素子  $R_2$  ,  $R_4$  ,  $R_6$  ,  $R_8$  , ... で示している。これら 2 列の受光素子列の各配列ピッチは同一であり、2 列の受光素子列は半ピッチずらして配置されている。

一方の列の受光素子  $R_1$  ,  $R_3$  ,  $R_5$  ,  $R_7$  ,  $R_9$  , ... は、これらに対向するように設けられたボンディングパッド 4 0 に、配線 4 2 によりそれぞれ接続されている。他方の列の受光素子  $R_2$  ,  $R_4$  ,  $R_6$  ,  $R_8$  , ... は、これらに対向するように設けられたボンディングパッド 4 4 に、配線 4 6 によりそれぞれ接続されている。

以上のボンディングパッドの取り出しは一例であり、全部のボンディングパッドを受光素子アレイの片側に取り出して、受光素子アレイをチップの端面に寄せる配置にしてもよい。

次に、2 列に半ピッチずらして配置された受光素子アレイと分波光との位置合わせについて説明する。図 1 3 は、受光素子アレイと、分波光を示す（図では、分波光  $L_1$  ,  $L_2$  ,  $L_N$  のみを示している）。図からわかるように、分波光は、配列方向とは垂直な方向に互いに隣接する 3 個の受光素子に入射するようにし、これら互いに隣接する 3 個の受光素子の出力信号（電圧または電流）をモニタする。図 1 3 の例では、分波光  $L_1$  を受光素子  $R_2$  ,  $R_3$  ,  $R_4$  で、分波光  $L_2$  を  $R_6$  ,  $R_7$  ,  $R_8$  でモニタしている。

このように、互いに隣接する 3 個の受光素子でモニタすると、分波光の位置合わせが高精度に行える。例えば、受光素子  $R_2$  ,  $R_3$  ,

$R_4$  の接点  $S$  に分波光  $L_1$  の中心を位置合わせするには、受光素子  $R_2$  と  $R_4$  の検出光量が同じで、受光素子  $R_2$  と  $R_4$  の検出光量の和を、受光素子  $R_3$  の検出光量と一致させると、分波光の中心の位置合わせが行える。図 13 では、2 チャンネル目の分波光  $L_2$  は、その中心が受光素子アレイ  $R_6$ 、 $R_7$ 、 $R_8$  の接点  $S$  からずれていることを示している。このような分波光  $L_2$  では、受光素子  $R_6$  と  $R_8$  の検出光量は異なり、受光素子  $R_6$  と  $R_8$  の検出光量の和は、受光素子  $R_7$  の検出光量に等しいので、分波光  $L_2$  は接点  $S$  に対し、受光素子の配列方向にずれていることがわかる。

また、本実施例の受光素子アレイを用いれば、受光素子アレイの分解能を向上させることができる。図 14、図 15 は、分解能向上を説明するための図である。図に示すように各列が例えば  $40\ \mu\text{m}$  ピッチで配列された受光素子 2 列を半ピッチずらして配列すると、一方の列の受光素子と他方の列の受光素子との配列方向の重なりは  $20\ \mu\text{m}$  になる。

したがって図 14 に示すように、受光素子アレイ配列方向の長さが例えば  $10\ \mu\text{m}$  の分波光  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $\dots$ 、 $L_n$  を互いに隣接する 3 個の受光素子の接点  $S$  をおよそ中央にして受光素子アレイの半ピッチ毎に入射させることができる。したがって、従来の 1 列の受光素子よりなる受光素子アレイに比べて、分解能を 2 倍にできることがわかる。

一方、図 15 に示すように、図 14 と同じ受光素子アレイにおいて、受光素子アレイ配列方向の長さが例えば  $10\ \mu\text{m}$  の分波光  $L_1$  を、図示のように受光素子  $R_2$  と  $R_3$  の重なりの中央に配置した場合、もし分波光  $L_1$  の位置が受光素子アレイ配列方向に  $5\ \mu\text{m}$  以上ずれると、受光素子  $R_2$ 、 $R_3$  に隣接する  $R_1$  か  $R_4$  で分波光  $L_1$  を検出できるので、受光素子アレイを  $20\ \mu\text{m}$  ピッチで 1 列で配置したのと同じ分解能が得られる。すなわち図 15 に示すような分波光の配置においても、本実施例の受光素子アレイにより、分解能が

2 倍に向上できることがわかる。

### 第 3 の実施例

本実施例は、隣接受光素子間のクロストークを低減した光分波器、およびこの光分波器の光検出器に用いられる受光素子アレイに関する。

本実施例の光分波器の構成は、図 1 に示したものに同じであり、光検出器のみ異なる。光検出器 8 には、本実施例の受光素子アレイが用いられている。

図 16 は本実施例の受光素子アレイ・チップ 50 の平面図である。左端から順に、信号モニタ用受光素子および電極間を短絡した受光素子（以下、電極間短絡受光素子という）を交互に配列している。図中、左から順に、信号モニタ用受光素子  $R_1$ 、電極間短絡受光素子  $R_2$ 、信号モニタ用受光素子  $R_3$ 、電極間短絡受光素子  $R_4$ 、信号モニタ用受光素子  $R_5$ 、電極間短絡受光素子  $R_6$  を示す。なお、電極間短絡受光素子とは、受光素子の p 型電極と n 型電極とを短絡した受光素子をいう。

図 2 の拡散型受光素子では、図示しないが、各受光素子毎に、p 型領域 30 上に p 型電極が設けられ、n 型 InP 基板 22 の裏面に共通の n 型電極が形成されている。通常、共通の n 型電極は接地される。したがって、p 型電極を接地した受光素子が、電極間を短絡した受光素子となる。

図 3 のメサ型受光素子では、各受光素子毎に、p 型 InP 層 27 上に p 型電極が設けられ、n 型 InP 基板 22 の裏面に共通の n 型電極が形成される。図 17 に、メサ型受光素子に p 型電極 23、n 型電極 25 を設けた構成を示す。29 は絶縁膜である。n 型電極は、受光素子毎に n 型 InP 層 24 上に設けることもできる。通常、n 型電極は接地される。したがって、p 型電極を接地した受光素子が、電極間を短絡した受光素子となる。

図 16 に戻り、信号モニタ用受光素子  $R_1$ ,  $R_3$ ,  $R_5$ , ... の p 型電極は、受光素子に対向するように設けられたボンディングパッド 52 に、配線 54 によりそれぞれ接続されている。一方、電極間短絡受光素子  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_6$ , ... の p 型電極は、受光素子に対向するように設けられたボンディングパッド 56 に、配線 58 によりそれぞれ接続されている。共通の n 型電極も、ボンディングパッド (図示せず) に接続され、このボンディングパッドは後述するように接地される。なお、電極間短絡受光素子  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_6$ , ... のボンディングパッド 56 は共通接続され、後述するように接地される。

本実施例では、 $N$  個 ( $N$  は、2 以上の整数) の分波光を受光素子アレイでモニタするために、約  $2N$  個の受光素子が必要である。受光素子の数が  $2N$  個、 $(2N+1)$  個、 $(2N-1)$  個のいずれの構成においても効果が得られる。ここで  $(2N+1)$  個の場合は、受光素子アレイの両端の受光素子は電極短絡受光素子であり、 $2N$  個の場合は、受光素子アレイの片端の受光素子が電極短絡受光素子であり、 $(2N-1)$  個の場合は、受光素子アレイの両端の受光素子が信号モニタ用受光素子であることを示している。

以上のような受光素子アレイ・チップ 50 は、実際にはパッケージに実装され、信号モニタ用受光素子のボンディングパッド 52 がパッケージの各ピンに接続され、共通 n 型電極に接続されたボンディングパッドは、接地用の 1 本のピンに接続され、電極間短絡受光素子のボンディングパッド 56 は 1 本もしくは少数本の接地用のピンに共通に接続される。これらのピンに対して、プリント配線基板上で、信号検出回路への結線、前述した電極の短絡などの結線を行う。

このような結線の一部を、予め受光素子アレイ・チップ内に作り込むこともできる。図 18 は、このような受光素子アレイ・チップ 60 の一例を示す。図 18 に示す受光素子アレイ・チップ 60 では、

各電極間短絡受光素子に対応するボンディングパッドを設ける代わりに、すべての電極間短絡受光素子のp型電極を共通に接続する金属配線パターン70を設けている。このような金属配線パターン70は、接地用の1本のピンに接続される。

図16、図18で示した受光素子アレイにおいては、信号モニタ用受光素子と電極間短絡受光素子が同一形状であるので、サイズが大きくなる。サイズを小さくするためには、図19に示すように電極間短絡受光素子 $R_2$ 、 $R_4$ 、 $R_6$ 、…の配列方向の幅を信号モニタ用 $R_1$ 、 $R_3$ 、 $R_5$ 、…に比べて小さくして、信号モニタ用受光素子間のピッチを小さくすればよい。もちろんこの場合においても、電極間短絡受光素子のボンディングパッドは56に代えて、図18に示した金属配線パターン70であってもよい。

図16、図17、図18で説明した受光素子アレイが、拡散型受光素子である場合、信号モニタ用受光素子から拡散してくるキャリアは電極間短絡受光素子に促えられるので、このキャリアが隣接する信号モニタ用受光素子に達することはない。したがって、クロストークを大幅に低減することができる。

また、受光素子がメサ型受光素子である場合、モニタ用受光素子の間には、電極間短絡受光素子が存在するため、電極間短絡受光素子に光入射しても、クロストークにはならない。

図16、図18、図19で説明した実施例では、電極間短絡受光素子に光が入射すれば、キャリアが発生する。受光素子が拡散型受光素子の場合、このキャリアが信号モニタ用受光素子側に拡散することは好ましくない。また拡散による不要な電流は受光素子温度を局所的に変化させる要因ともなる。そこで、電極間短絡受光素子の受光面は予め遮光しておくことが望ましい。遮光は図20に示すように電極間短絡受光素子 $R_2$ 、 $R_4$ 、 $R_6$ 、…の受光面を覆うように遮光膜82、84、86を形成すればよい。なお、電極間短絡受光素子は図18に示した金属配線パターン70で結線されていても



よく、また図 19 に示した受光面の小さいものであってもよいのは言うまでもない。

#### 産業上の利用可能性

本発明の受光素子アレイを用いれば、（１）波長多重化された光の各チャンネルの信号とノイズとを明確に分離できる光分波器、（２）分波光と受光素子との位置合わせを高精度で行え、かつ、光分波器の分解能を向上できる光分波器、（３）隣接受光素子間のクロストークを低減した光分波器を提供することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する受光素子アレイにおいて、

複数個の信号モニタ用の受光素子と、

複数個のノイズモニタ用の受光素子とを備え、

前記信号モニタ用の受光素子と、前記ノイズモニタ用の受光素子とが、前記分波光の並ぶ方向と同一方向に、交互に直線状に配列されていることを特徴とする受光素子アレイ。

2. 前記信号モニタ用の受光素子および前記ノイズモニタ用の受光素子は、pinフォトダイオードよりなることを特徴とする請求項1記載の受光素子アレイ。

3. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する請求項1または2記載の受光素子アレイを備え、

前記受光素子アレイにより、分波光ごとに信号とノイズとを分離してモニタすることを特徴とする光分波器。

4. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する受光素子アレイにおいて、

所定のピッチで、前記分波光の並ぶ方向と同一方向に配列された複数個の受光素子よりなる第1の受光素子列と、

前記所定のピッチと同じピッチで、前記分波光の並ぶ方向と同一方向に配列された複数個の受光素子よりなる第2の受光素子列とを備え、

前記第1の受光素子列と前記第2の受光素子列とは、配列方向に半ピッチずらして2列に配置されていることを特徴とする受光素子アレイ。

5. 前記受光素子は、pinフォトダイオードよりなることを特徴とする請求項4記載の受光素子アレイ。

6. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する請求項4または5記載の受光素子アレイを備え、

前記受光素子アレイにより分波光をモニタすることを特徴とする光分波器。

7. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する請求項4または5記載の受光素子アレイを備え、前記受光素子アレイにより分波光をモニタする光分波器において、

前記第1および第2の受光素子列の受光素子の配列方向とは垂直な方向に互いに隣接する3個の受光素子の出力信号を用いて、受光素子と分波光との位置合わせを行うことを特徴とする受光素子アレイと分波光との位置合わせ方法。

8. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する受光素子アレイにおいて、

複数個の信号モニタ用の受光素子と、

複数個の電極間短絡受光素子とを備え、

前記信号モニタ用の受光素子と、前記電極間短絡受光素子とが、前記分波光の並ぶ方向と同一方向に、交互に直線状に配列されていることを特徴とする受光素子アレイ。

9. 前記信号モニタ用の受光素子および前記電極間短絡受光素子は、pinフォトダイオードよりなることを特徴とする請求項8記載の受光素子アレイ。

10. 前記pinフォトダイオードは、

n 型半導体基板上に積層された n 型半導体層、 i 型半導体層、 n 型半導体層と、

最上層である n 型半導体層に p 型となる材料を部分的に拡散させることによって形成された p 型領域層と、

形成された p 型領域層の上に設けられた p 型電極と、

前記 n 型半導体基板の裏面に設けられた共通の n 型電極とを備えることを特徴とする請求項 9 記載の受光素子アレイ。

11. 前記 pin フォトダイオードは、

n 型半導体基板上に積層された n 型半導体層、 i 型半導体層、 p 型半導体層を備え、前記 p 型半導体層および前記 i 型半導体層は、隣接する p 型半導体層および i 型半導体層と分離溝で分離されており、

前記 p 型半導体層上に設けられた p 型電極と、前記 n 型半導体基板の裏面に設けられた共通の n 型電極とを備えることを特徴とする請求項 9 記載の受光素子アレイ。

12. 前記電極間短絡受光素子は、その p 型電極が、前記共通の n 型電極に短絡されていることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の受光素子アレイ。

13. 前記電極間短絡受光素子は、その p 型電極が、1 本の共通金属配線に接続され、この共通金属配線が、前記共通の n 型電極に短絡されていることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の受光素子アレイ。

14. 前記電極間短絡受光素子の素子面積が隣接の信号モニタ用受光素子の素子面積より小さいことを特徴とする請求項 8 または 9 記載の受光素子アレイ。

15. 前記電極間短絡受光素子の受光面に遮光膜を設けたことを特徴とする請求項8または9記載の受光素子アレイ。

16. 波長多重された光から波長毎に分離され、直線状に並ぶ分波光を受光する請求項8または9記載の受光素子アレイを備え、

前記受光素子アレイにより分波光をモニタすることを特徴とする光分波器。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

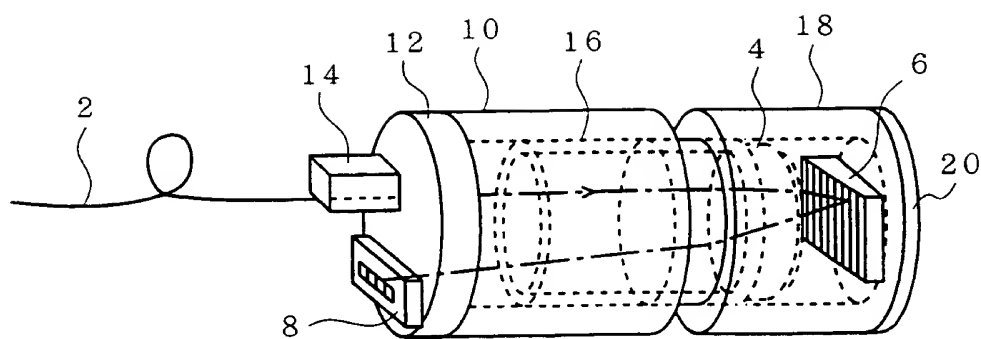


図 1

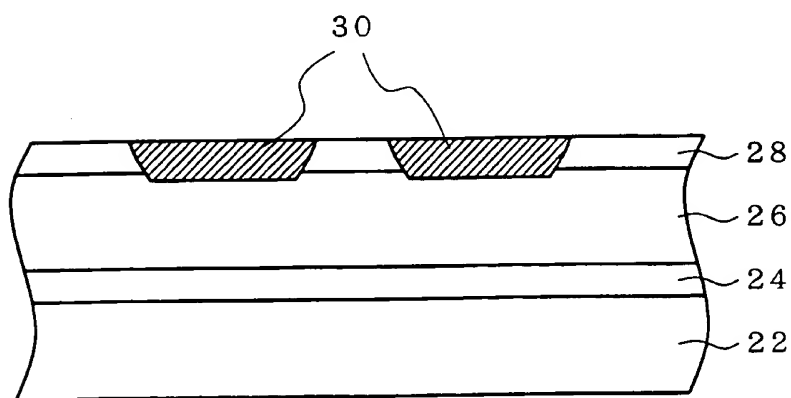


図 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



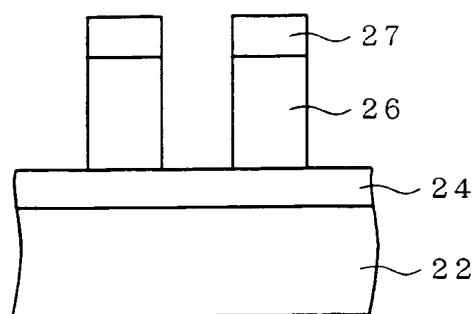


図 3

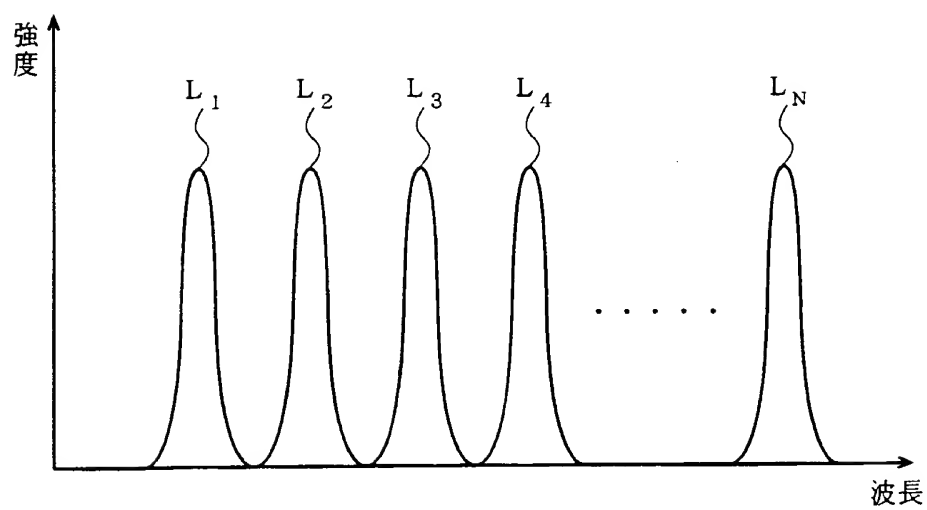


図 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

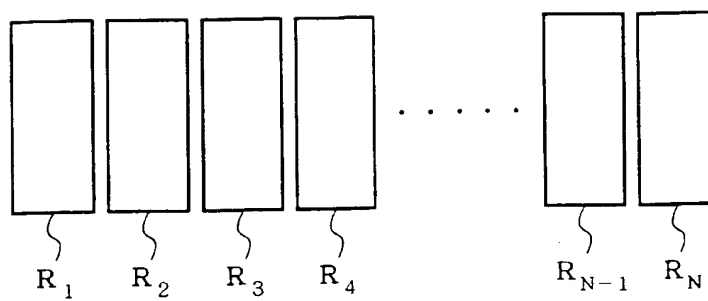


図 5

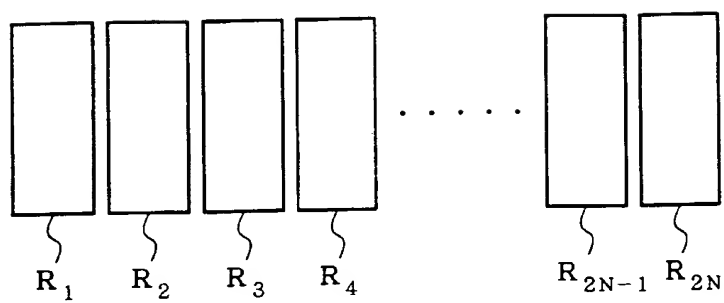


図 6

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

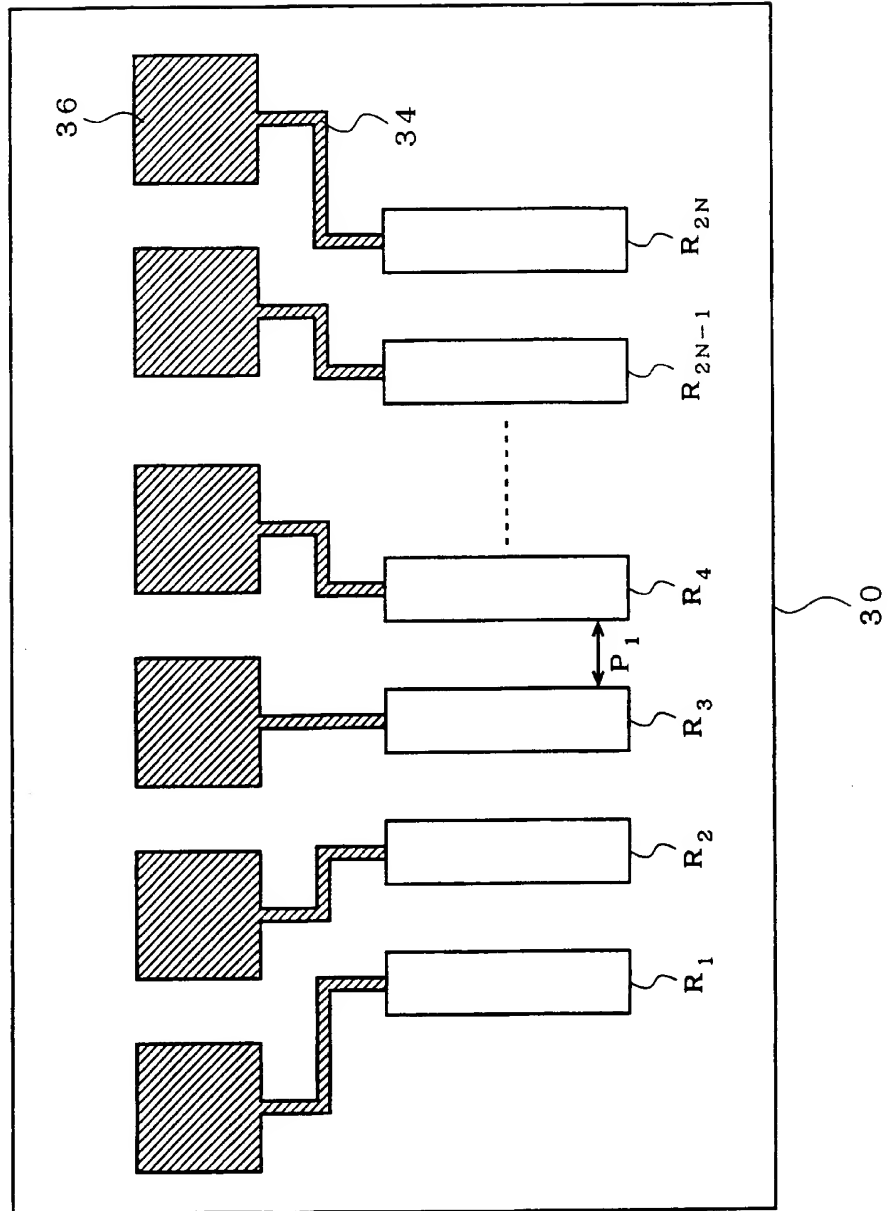


図 7

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

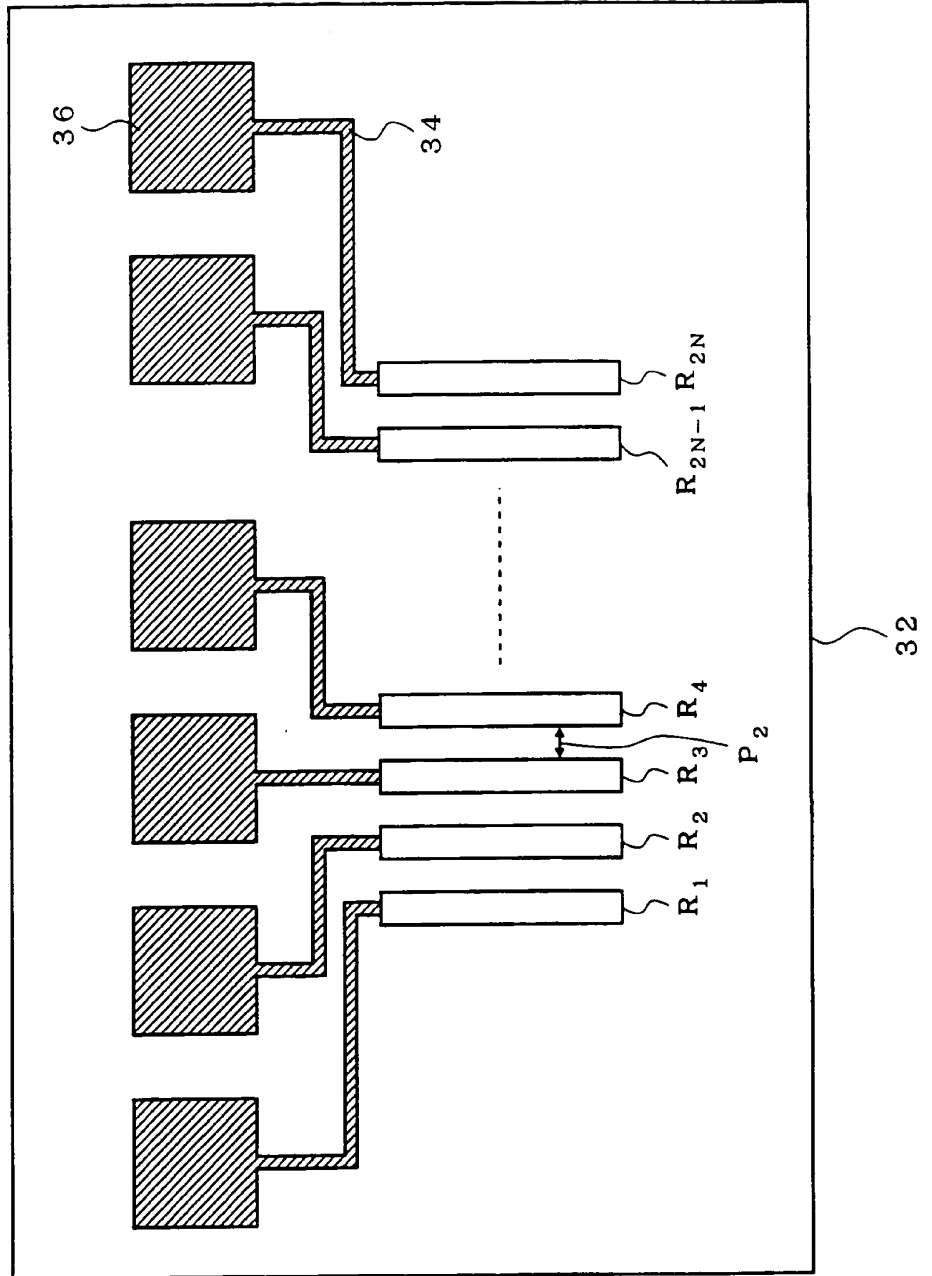


図 8

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



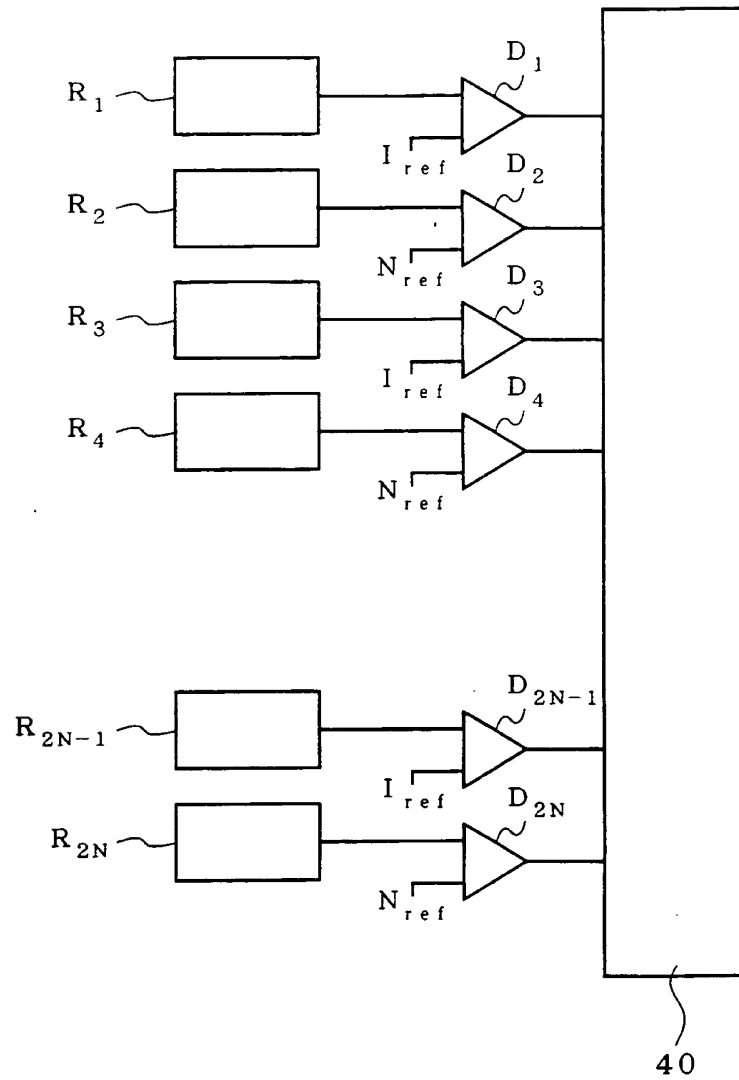


図 9

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

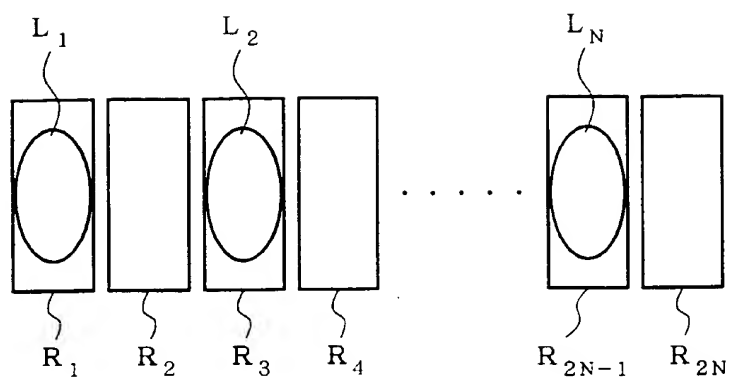


図 10

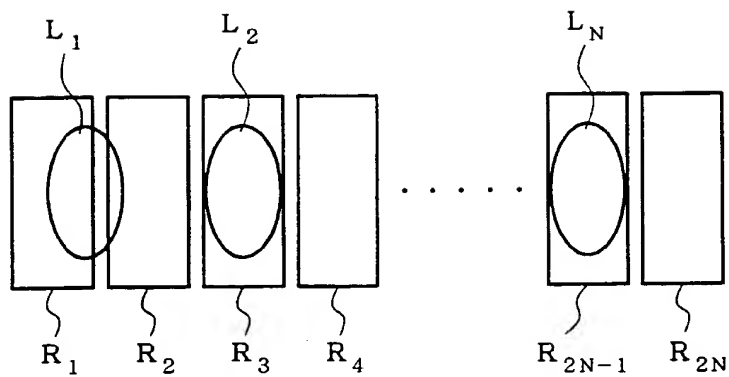


図 11

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

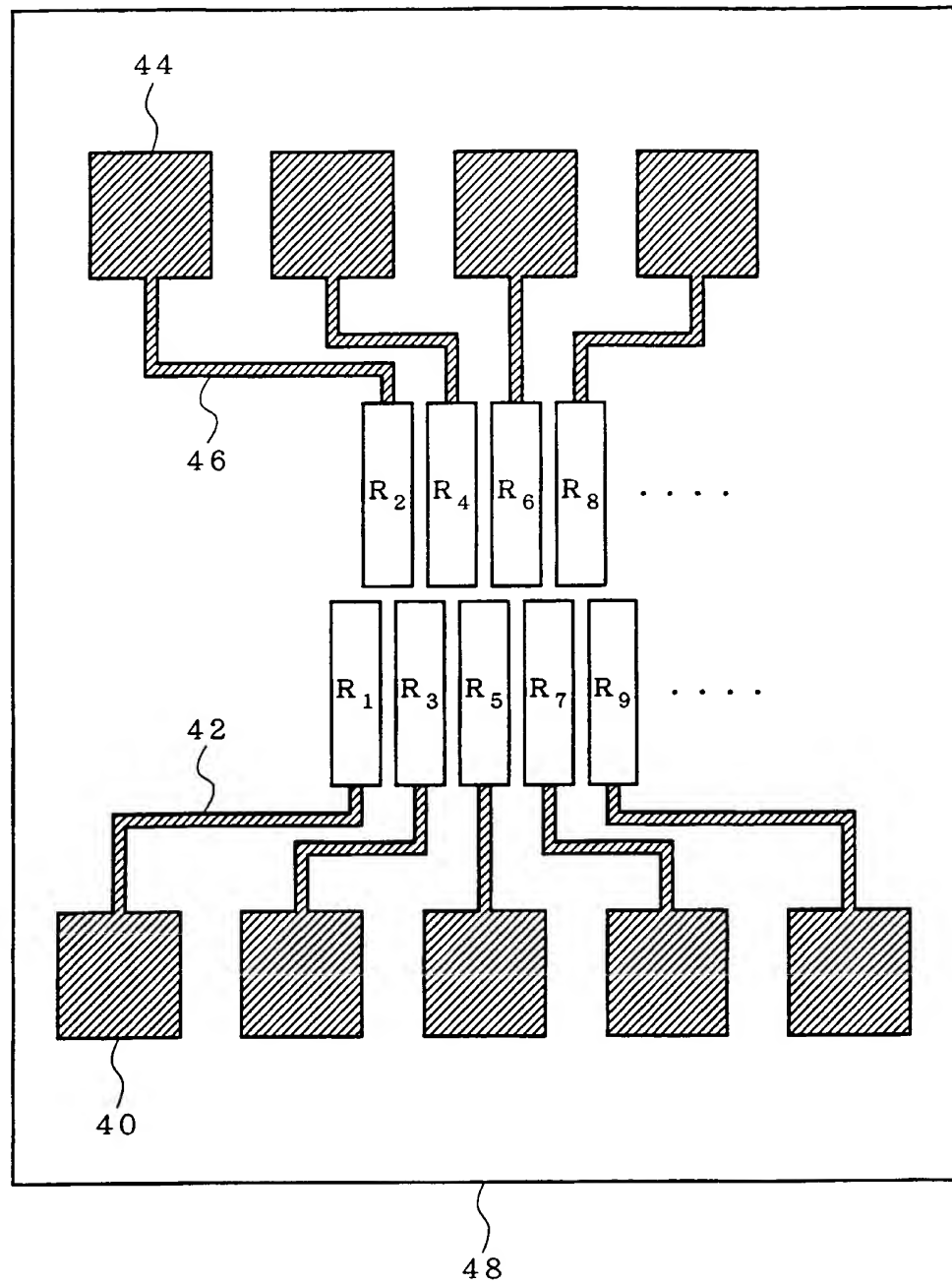


図 12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

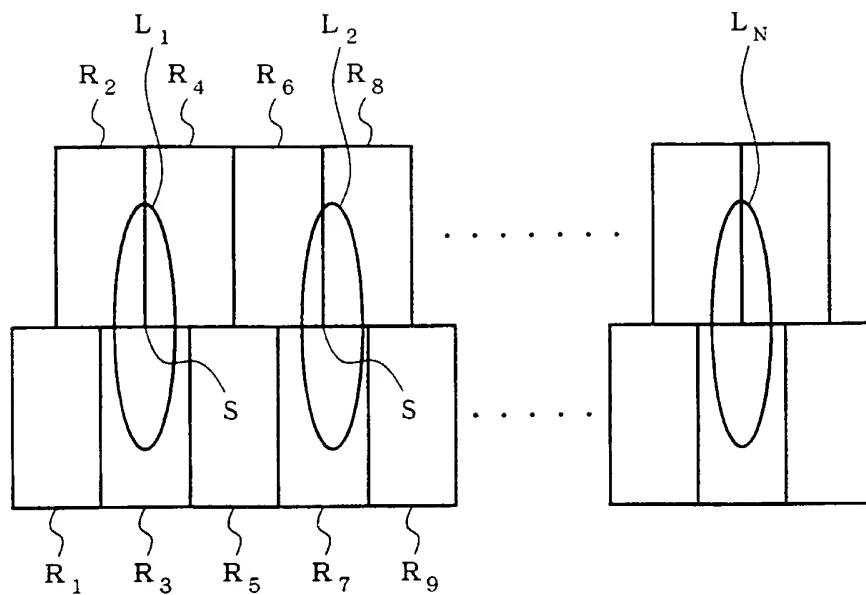


図 13

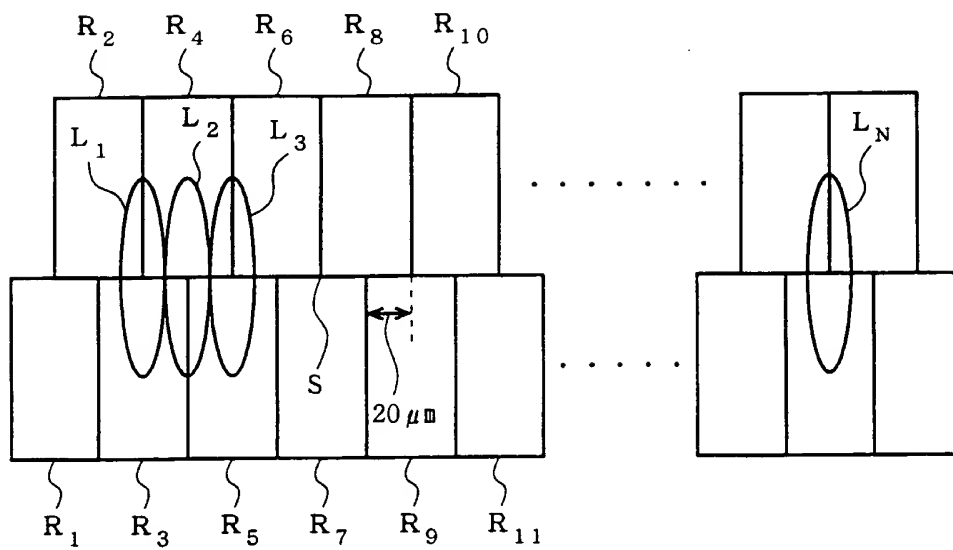


図 14

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



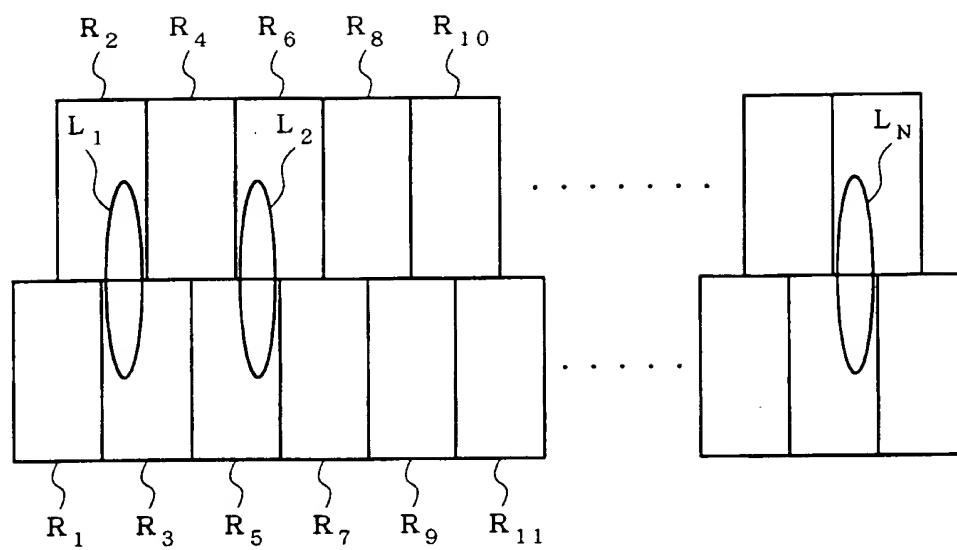


図 15

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

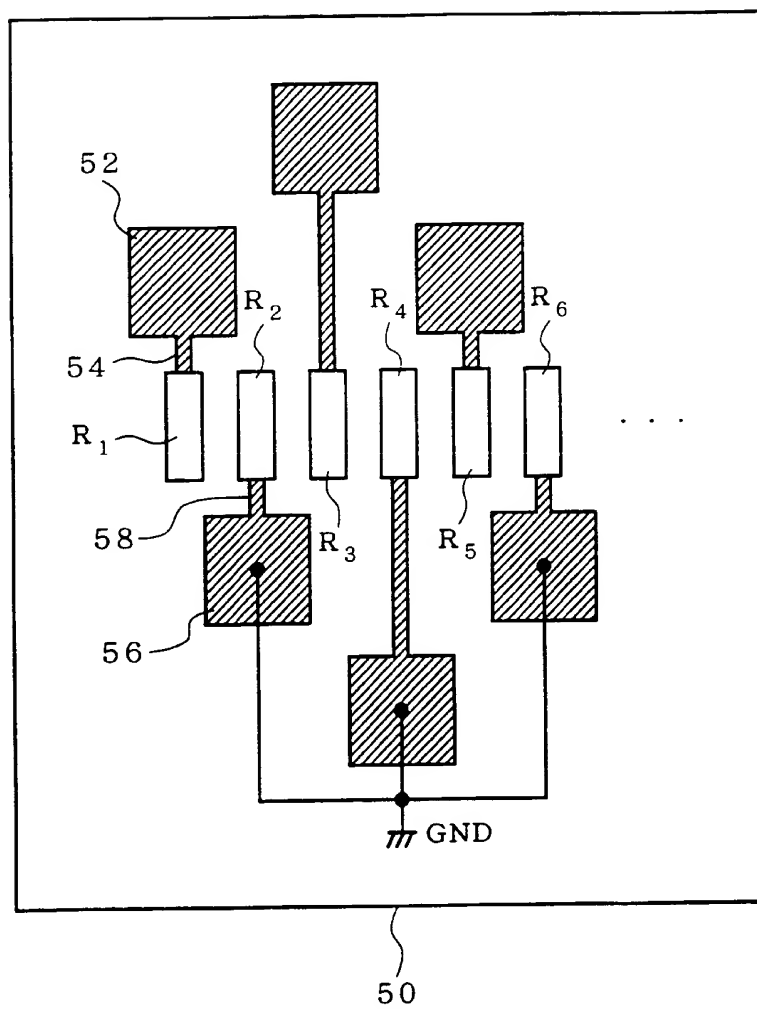


図 16

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

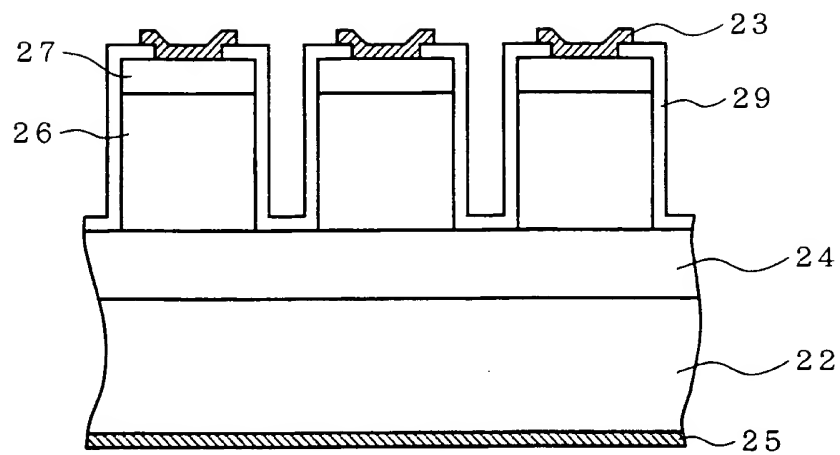


図 17

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

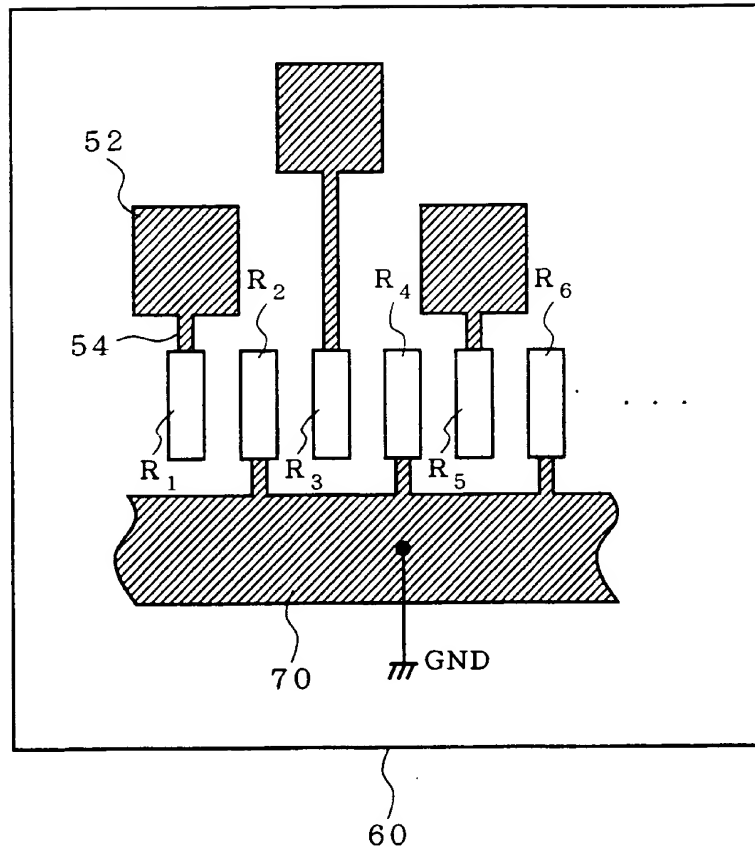


図 18

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



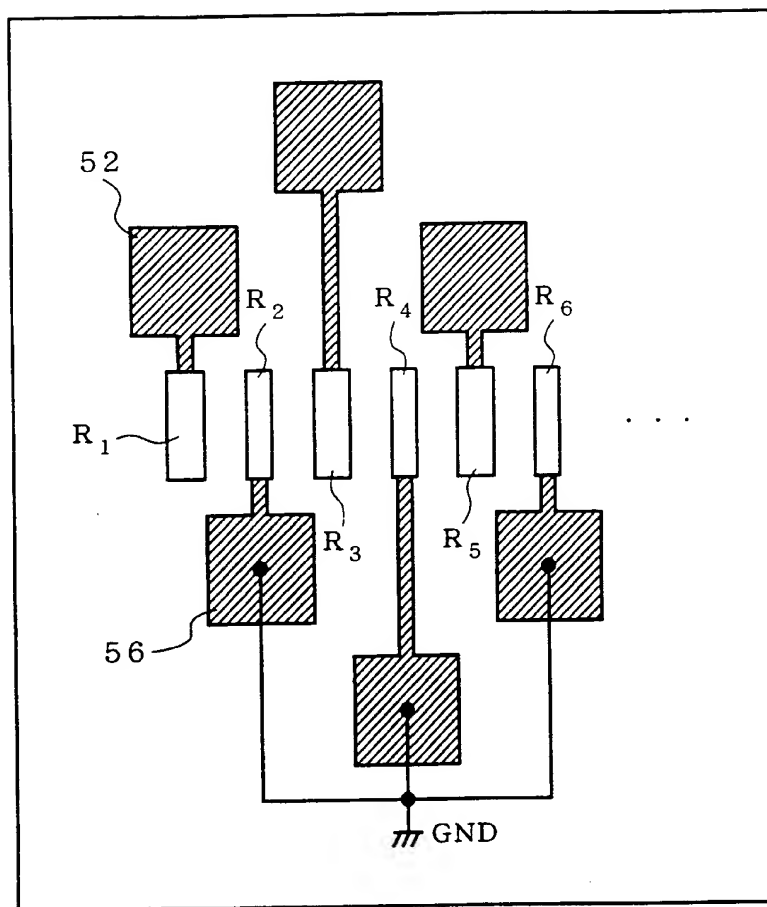


図 19

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

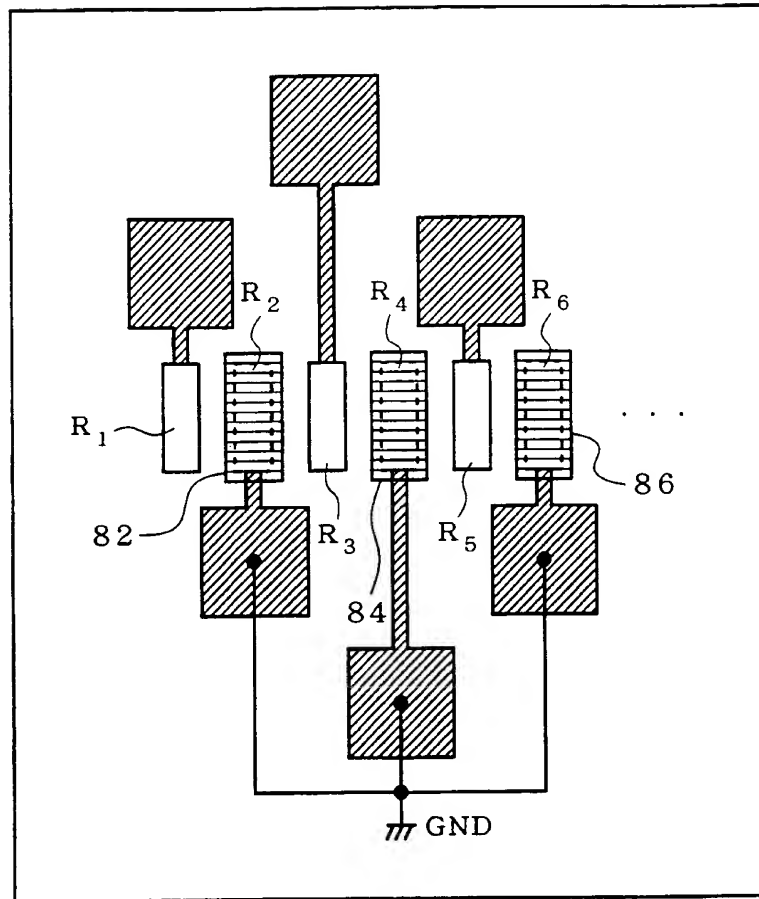


図 20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06938

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC C1<sup>7</sup> G01J3/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC C1<sup>7</sup> G01J3/00-3/51, G01N21/27-21/39  
H01L27/14Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
ECLA  
WPI/L

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 5-87635, A (Canon Inc.), 06 April, 1993 (06.04.93), Full text (Family: none)	1-16
A	GB, 862212, A (REGIE NATIONALE DES USINES REN), 08 June, 1956 (08.06.56), Full text (Family: none)	1-16
A	US, 3535537, A (US NAVY), 09 April, 1968 (09.04.68), Full text (Family: none)	1-16
A	JP, 2000-213987, A (Yokogawa Electric Corporation), 04 August, 2000 (04.08.00), Full text (Family: none)	1-16
A	JP, 9-210783, A (Yokogawa Electric Corporation), 15 August, 1997 (15.08.97), Full text (Family: none)	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 December, 2000 (12.12.00)Date of mailing of the international search report  
26 December, 2000 (26.12.00)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
IPC C1. 7 G01J3/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IPC C1. 7 G01J3/00-3/51, G01N21/27-21/39  
H01L27/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報1922-1996年  
日本国公開実用新案公報1971-2000年  
日本国登録実用新案公報1994-2000年  
日本国実用新案登録公報1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

ECLA  
WPI/L

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 5-87635, A(キャノン株式会社)06. 4月. 1993(06. 04. 93) 全文 ファミリーなし	1-16
A	GB, 862212, A(REGIE NATIONALE DES USINES REN)08. 6月. 1956(08. 0 6. 56) 全文 ファミリー無し	1-16
A	US, 3535537, A(US NAVY)09. 4月. 1968(09. 04. 68) 全文 ファミリー 無し	1-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
12. 12. 00

国際調査報告の発送日

26. 12. 00

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
樋口宗彦

2W 9118

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 2000-213987, A (横河電機株式会社) 4. 8月. 2000 (04. 08. 00) 全文 ファミリー無し	1-16
A	JP, 9-210783, A (横河電機株式会社) 15. 8月. 1997 (15. 08. 97) 全文 ファミリー無し	1-16